



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G01V 15/00</b>		<b>A2</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/28639</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. Juli 1998 (02.07.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/02980		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 19. Dezember 1997 (19.12.97)		<b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(30) Prioritätsdaten: 196 53 430.5 20. Dezember 1996 (20.12.96) DE			
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): VAC-UUMSCHMELZE GMBH [DE/DE]; Grüner Weg 37, D-63450 Hanau (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HERZER, Giselher [DE/DE]; Röntgenstrasse 11, D-63486 Bruchköbel (DE).			
(74) Anwalt: EPPING, Wilhelm; Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).			
(54) Title: DISPLAY ELEMENT FOR USE IN A MAGNETIC MERCHANDISE MONITORING SYSTEM			
(54) Bezeichnung: ANZEIGEELEMENT FÜR DIE VERWENDUNG IN EINEM MAGNETISCHEN WARENÜBERWACHUNGSSYSTEM			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to display elements for use in a magnetic merchandise monitoring system, consisting of one or more oblong, ductile, magnetostrictive bands made of an amorphous ferromagnetic material. These bands undergo a change in resonance frequency as a result of a change in a premagnetization field and are excited by a magnetic alternating field to produce longitudinal, mechanical resonant vibration at the resonance frequency <math>f_r</math>. The mechanical tensions resulting from the resonant vibration bring about a change in the magnetization of the bands and, as a result, a detectable change in the magnetic alternating field. The material of which the bands are made has a flat BH loop which runs as linear as possible until the area of saturation. The bands are also magnetically anisotropic perpendicular to their lengthwise direction, the intensity of the field of anisotropy being greater than the intensity of the premagnetization field. The bands undergo a change in resonance frequency in relation to the change in the intensity of the premagnetization field <math>df_r/dH_{BIAS} \geq 1500</math> Hz/Oe and in this respect have a quality factor <math>Q \geq 100</math> in a field range <math>dH_{BIAS} \geq 1</math> Oe.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Es werden Anzeigeelemente für die Verwendung in einem magnetischen Warenüberwachungssystem vorgeschlagen, die aus einem oder mehreren länglichen, duktilen, magnetostruktiven, aus amorphen ferromagnetischem Material bestehenden Streifen zusammengesetzt sind. Diese Streifen erfahren durch Änderung eines Vormagnetisierungsfeldes eine Resonanzfrequenzänderung und werden durch ein magnetisches Wechselfeld zu longitudinalen, mechanischen Resonanzschwingungen bei der Resonanzfrequenz <math>f_r</math> angeregt, wobei die aus den Resonanzschwingungen resultierenden mechanischen Spannungen eine Magnetisierungsänderung der Streifen und damit eine detektierbare Veränderung des magnetischen Wechselfeldes bewirken. Das Material, aus dem die Streifen zusammengesetzt sind, weisen eine flache, B-H-Schleife auf, die bis in den Bereich der Sättigung möglichst linear verläuft, ferner weisen die Streifen eine magnetische Anisotropie quer zur Streifenlängsrichtung auf, wobei die Anisotropiefeldstärke größer als die Vormagnetisierungsfeldstärke ist. Die Streifen erfahren eine Änderung der Resonanzfrequenz gegenüber der Änderung der Vormagnetisierungsfeldstärke <math>df_r/dH_{BIAS} \geq 1500</math> HZ/Oe und weisen hierbei in einem Feldbereich <math>dH_{BIAS} \geq 1</math> Oe die Resonatorgüte <math>Q \geq 100</math> auf.</p>			

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NR	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

Anzeigeelement für die Verwendung in einem magnetischen Warenüberwachungssystem

5

Die Erfindung betrifft ein Anzeigeelement für die Verwendung in einem magnetischen Warenüberwachungssystem bestehend aus einem oder mehreren länglichen, duktilen magnetostriktiven, aus amorphen ferromagnetischem Material bestehenden Streifen, 10 welche durch Änderung eines Vormagnetisierungsfeldes eine Änderung der Resonanzfrequenz erfahren und welche durch ein magnetisches Wechselfeld zu longitudinalen, mechanischen Resonanzschwingungen bei der Resonanzfrequenz  $f_r$  anregbar sind, wobei die aus den Resonanzschwingungen resultierenden mecha- 15 nischen Spannungen eine Änderung der Magnetisierung der Streifen und damit eine detektierbare Veränderung des magnetischen Wechselfeldes bewirken.

Wenn man einen Streifen aus amorphen magnetostriktiven Material einem Magnetfeld aussetzt, so bedingt die Magnetostrik- 20 tion eine Längenänderung des Streifens. Bei positiver Magnetostriktion wird sich der Streifen mit zunehmendem Magnetfeld längen. Diese Abhängigkeit ist jedoch nicht linear, sondern abhängig von den Abmessungen des Streifens und von der Größe 25 des Magnetfeldes. Erhöht man das Magnetfeld schrittweise um jeweils den gleichen Betrag bei einem bestimmten Streifen, so stellt man fest, daß zunächst nur kleine Längenänderungen erfolgen, daß die Längenänderungen mit zunehmenden Schritten für die Erhöhung der Magnetisierung größer werden und daß bei 30 Eintritt der Sättigung trotz weiterer schrittweise erhöhtem Magnetfeld keine weitere Längenänderung erfolgt.

Diese Eigenschaft bewirkt, daß sich ein derartiger Streifen vorzugsweise dann zu mechanischen Schwingungen anregen läßt, 35 wenn er einem Vormagnetisierungsfeld ausgesetzt ist, dessen Größe eine hohe Längenänderung bei gleicher Änderung des Magnetfeldes zur Folge hat. Weiterhin bewirkt die durch das Ma-

gnetfeld erfolgende Längenänderung, daß sich in diesem Bereich die Länge des Streifens ändert, ohne daß eine Zugkraft auf den Streifen wirkt.

- 5 Bei der mechanischen Schwingung eines Streifens ist für die Resonanzfrequenz der Schwingung der Elastizitätsmodul des Materials maßgebend. Je größer dieser Elastizitätsmodul ist, umso größer ist eine für eine bestimmte Längenänderung erforderliche Kraft und umso höher wird die Resonanzfrequenz des  
10 schwingenden Streifens sein. Durch die Einwirkung des Magnetfeldes erfolgt nun aber eine zusätzliche Längenänderung, ohne daß eine Kraft notwendig ist. Das Material wirkt also so, als ob es einen geringeren als den mechanischen Elastizitätsmodul haben würde.

- 15 Dies hat zur Folge, daß mit zunehmender Vormagnetisierung bei Anregung mechanischer Schwingungen durch ein magnetisches Wechselfeld die Resonanzfrequenz niedriger wird, als sie ohne Vormagnetisierung des Streifens ist. Ein Streifen, der bei  
20 gegebener Vormagnetisierung bei einer bestimmten Resonanzfrequenz mit hoher Signalamplitude schwingt, wird bei Anregung mit gleicher Frequenz wesentlich weniger schwingen, wenn das Vormagnetisierungsfeld entfernt wird, da sich die Resonanzfrequenz dadurch erhöht und die anregende Frequenz und die  
25 Resonanzfrequenz nicht mehr übereinstimmen.

- Außerdem bewirkt die Entfernung des Vormagnetisierungsfeldes, daß eine Änderung des Magnetfeldes nur noch eine relativ geringe Änderungen der Länge des Streifens zu Folge hat, so daß  
30 ohne Vormagnetisierungsfeld auch die Signalhöhe wesentlich abnimmt.

- Beide Faktoren zusammen haben zur Folge, daß bei Entfernung des Vormagnetisierungsfeldes ein mechanisches Schwingen des  
35 Streifens unterbunden wird. Es ist also möglich, ein Anzeigelement aus diesem Material dadurch zu deaktivieren, daß man das Vormagnetisierungsfeld entfernt.

Dies wird bei Anzeigeelementen beispielsweise dadurch erreicht, daß man einen mit dem weichmagnetischen Streifen verbundenen halbhartmagnetischen weiteren Streifen entmagnetisiert. Bei anderen Systemen, bei denen das Vormagnetisierungsfeld von einer Spule im Untersuchungsbereich miterzeugt wird, läßt sich die Schwingung unterbinden, indem man dieses Vormagnetisierungsfeld abschaltet.

10 Aus der WO 88/01427 sind Warensicherungssysteme auf magnetoelastischer Basis beschrieben, bei denen nicht nur festgestellt werden kann, ob ein oder mehrere aktivierte Anzeigeelemente im Sicherungsbereich vorhanden sind oder nicht sondern auch die Anzahl der im Sicherungsbereich vorhandenen aktivierten Anzeigeelemente und/oder deren Identität festgestellt werden kann. In der WO 88/01427 wird ferner beschrieben, daß bei der Verwendung magnetoelastischer Anzeigeelemente die Identifizierung im wesentlichen darauf beruht, daß das Vorhandensein mehrerer Resonanzfrequenzen im Sicherungsbereich abgefragt wird. Da in den Anzeigeelementen selbst immer nur die Projektion des äußeren Feldes auf die Streifenlängsachse wirksam ist, ermöglicht dies, die unterschiedliche Streifenorientierungen zu detektieren. Hiermit lassen sich beispielsweise durch unterschiedliche Streifenorientierungen innerhalb eines Anzeigeelements die einzelnen Objekte individuell kennzeichnen und auch räumlich auflösen.

Aus der WO 90/03652 sind ferner Legierungen mit hoher Magnetostriktion bekannt, die neben Eisen im wesentlichen Nickel enthalten, und für Anzeigeelemente der eingangs genannte Art vorgeschlagen werden. Diese Legierungen weisen aber keine starke Änderungen der Resonanzfrequenz mit dem vormagnetisierten Feld auf und haben auch nicht gleichzeitig eine hohe Signalamplitude und eine gute Resonatorgüte. Anzeigeelemente, die mit Streifen aus solchen Legierungen versehen sind, weisen ein nur kurzes Nachschwingen des Signals nach Abschalten

der äußeren Anregung auf, so daß ihre Detektionsfähigkeit stark eingeschränkt ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Anzeigeelemente der eingangs genannten Art dahingehend weiter zu entwickeln, daß eine hohe Signalamplitude und ein langes Anhalten des Signals nach Abschalten des erregenden Feldes eine geringe Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der vormagnetisierenden Feldstärke sowie gleichzeitig eine sichere Deaktivierungsmöglichkeit des Streifens vorliegt, sowie eine hohe Resonatorgüte.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß das Material eine flache B-H-Schleife aufweist, die bis in den Bereich der Sättigung möglichst linear verläuft, daß ein Streifen des Materials eine magnetische Anisotropie quer zur Streifenlängsrichtung aufweist, wobei die Anisotropiefeldstärke größer als die Vormagnetisierungsfeldstärke ist, und daß die Änderungen der Resonanzfrequenz der Streifen gegenüber der Änderung der Vormagnetisierungsfeldstärke  $dfr/dH_{Bias} \geq 1500 \text{ Hz/Oe}$ , vorzugsweise  $dfr/dH_{Bias} \geq 2000 \text{ Hz/Oe}$  ist und hierbei die Streifen in einem Feldbereich  $dH_{Bias} \geq 1 \text{ Oe}$  die Resonatorgüte  $Q \geq 100$  aufweisen.

Durch die Verwendung solcher Anzeigeelemente wird sowohl eine sehr starke Änderung der Resonanzfrequenz mit dem vormagnetisierenden Feld gewährleistet, als auch eine gleichzeitig hohe Signalamplitude und gute Resonatorgüte, das heißt unter anderem ein sehr langes Nachschwingen des Signals nach Abschalten der äußeren Anregung.

Darüber hinaus zeigt die Verwendung solcher Materialien weitere große Vorteile, die im folgenden eingehend beschrieben werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise veranschaulicht und im nachstehenden, im einzelnen anhand der Figuren beschrieben. Dabei zeigen:

5

Figur 1 B-H-Schleifen von erfindungsgemäßen Streifen,

Figur 2 die Resonanzfrequenz  $f_r$  als Funktion des vormagnetisierenden Feldes  $H$ ,

10

Figur 3 das typische Resonanzverhalten der Signalamplitude für die erfindungsgemäßen Streifen,

15

Figur 4 der zeitliche Verlauf der Resonanzamplitude nach Abschalten der Wechselfelderregung,

Figur 5 die Resonatorgüte  $Q$  in Abhängigkeit des vormagnetisierenden Feldes  $H$ ,

20

Figur 6 die Resonanzamplitude 2msec nach Abschalten des erregenden Wechselfeldes als Funktion des vormagnetisierenden Gleichfeldes,

25

Figur 7 die Variation der Resonanzfrequenz als Funktion des vormagnetisierenden Gleichfeldes und

30

Figur 8 die Änderung der Resonanzfrequenz, nachdem das vormagnetisierende Feld  $H$  mit einem niederfrequenten Wechselfeld der Stärke  $\Delta H_{\text{Bias}} = 40 \text{ A/m}$  moduliert wird.

35

Kernstück eines Anzeigeelementes sind ein oder mehrere ferromagnetische, magnetostriktive Streifen, welche durch ein magnetisches Wechselfeld zu longitudinalen, mechanischen Resonanzschwingungen angeregt werden. Aufgrund der magnetostriktiven Kopplung bewirken die mit der Schwingung verknüpften mechanischen Spannungen eine Magnetisierungsänderung, welche

in der Empfängerspule eine entsprechende Spannung induziert, womit das Anzeigeelement nachgewiesen werden kann. Die Figur 3 illustriert dabei die resonanzartige Überhöhung der induzierten Spannung als Funktion der Frequenz des erregenden Wechselfeldes.

Neben der Signalverstärkung durch Resonanzüberhöhung ist ein weiterer, entscheidender Vorteil dieser magnetoelastischen Warensicherungssysteme, daß die mechanische Schwingung und damit verknüpft die induzierte Spannung auch nach Abschalten der äußeren Erregung bestehen bleibt.

Das Signal hält typischerweise einige msec an. Die Figur 6 gibt eine schematische Darstellung für dieses Verhalten. Dies ist ein mehr oder weniger einzigartiges Merkmal und reduziert mögliche Fehlalarme durch zum Beispiel Einkaufswagen und andere magnetische Gegenstände auf ein absolutes Minimum. Da das anregende Magnetfeld in den Empfängerspulen ebenfalls eine Spannung induziert, ist ferner klar, daß die Empfindlichkeit des Systems erhöht wird, wenn dieser Störhintergrund wegfällt.

Ausgegangen wird von magnetostriktiven Legierungen auf Eisenbasis mit Nickel und/oder Kobalt-Zusätzen, welche in einem Magnetfeld so wärmebehandelt werden, daß sich eine uniaxiale magnetische Anisotropie quer zur Bandlängsrichtung ergibt. Die Streifen für die Anzeigeelemente werden typischerweise aus der Schmelze mittels Rascherstarrung gegossen und danach in einem Magnetfeld quer zur Bandrichtung (Querfeld) einer Wärmebehandlung unterzogen und danach abgelängt.

Vorzugsweise wird die Wärmebehandlung im Durchlauf vollzogen und die Durchlaufgeschwindigkeit so gewählt, daß das Band für eine Wärmebehandlungszeit  $0,5\text{sec} \leq T \leq 30\text{sec}$  auf eine Temperatur  $300^\circ\text{C} \leq T \leq 440^\circ\text{C}$  erwärmt wird.



Im folgenden wurden für 3 Beispielslegierungen mit unterschiedlichen Anisotropiefeldstärken die zu erwartenden magnetoelastischen Eigenschaften untersucht. Die hierfür zugrunde gelegten Legierungen und die primären Materialparameter sind  
 5 in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt.

**Tabelle 1:**

Materialparameter für die drei untersuchten Fallbeispiele. Die typische Wärmebehandlung zur Einstellung des angegebenen  
 10 Anisotropiefeldes lag bei ca. einigen Sekunden im Temperaturbereich zwischen 300°C und 400°C.

Fall	Legierung (at%)	$J_s$ (T)	$\lambda_s$ (ppm)	$E_s$ (GPa)	$H_K$ (A/m)
A	$\text{Fe}_{81}\text{Si}_{13.5}\text{B}_{13.5}\text{C}_2$	1.58	35.6	183	146
B	$\text{Fe}_{62}\text{Ni}_{20}\text{Si}_2\text{B}_{16}$	1.44	32.5	169	360
C	$\text{Fe}_{62}\text{Ni}_{20}\text{Si}_2\text{B}_{16}$	1.44	32.5	169	510

15

**Tabelle 2:**

Probenabmessungen und Anregungsbedingungen für die untersuchten Fallbeispiele

20

Streifenlänge: 60 mm

Bandbreite: 2 mm

Banddicke: 25  $\mu\text{m}$

25

Wechselfeld:  $H_{ac} = 1$  A/m

Pick-Up-Spule: 100 Windungen

30

Die Figur 1 zeigt die typischen B-H-Schleifen, wie sie sich nach der Wärmebehandlung ergeben.

Die Figur 2 zeigt den Verlauf der Resonanzfrequenz als Funktion des äußeren vormagnetisierenden Feldes. Die stärksten Änderungen der Resonanzfrequenz ergibt sich aufgrund des kleinen Anisotropiefeldes im Beispiel A, welches deshalb am besten die oben diskutierten Anforderungen erfüllt. Es handelt sich hierbei um die Legierung  $\text{Fe}_{81} \text{Si}_{13,5} \text{B}_{13,5} \text{C}_2$ , welche aufgrund der in Figur 2 gezeigten Eigenschaften auch als besonders vorteilhaft für magnetoelastische Anwendungen ist.

- 10 Da jedoch ein kleines Anisotropiefeld und eine hohe Änderung des effektiven Elastizitätsmoduls mit der Vormagnetisierung ( $\Delta E$ -Effekt) auch eine starke Dämpfung der mechanischen Schwingung bewirkt, ergibt sich eine sehr große Halbleiterbreite der Resonanzkurve, was in der Figur 3 zu sehen ist, 15 beziehungsweise ein sehr schnelles Abklingen der Resonanzamplitude nach Abschalten des erregenden Wechselfeldes, was in Figur 4 dargestellt ist. Beide Effekte sind nachteilig.

Die große Halbwertsbreite  $\Delta f_r$  der Resonanzkurve erschwert die 20 Auflösung der genauen Resonanzfrequenz. Hat man mehrere Streifen mit unterschiedlicher Resonanzfrequenz, so müssen bei großen Werten von  $\Delta f_r$  die individuellen Resonanzfrequenzen der einzelnen Streifen weit auseinander liegen, um die Streifen sicher unterscheiden zu können. Damit reduziert sich 25 naturgemäß die Zahl der Codierungsmöglichkeiten gegenüber einer Anordnung von Streifen mit  $\Delta f_r$ , das heißt hoher Resonatorgüte  $Q$ . Die beiden letztgenannten Größen hängen über

$$\Delta f_r = f_r / Q$$

30

zusammen. Die genauen Zusammenhänge sind in dem Buch von RM Bozorth, Ferromagnetism, Van Nostrand, Princeton, 1951, Seiten 699ff zu entnehmen.

- 35 Das schnelle Abklingen der Signalamplitude nach Abschalten des erregenden Feldes erschwert die sichere Detektion des Streifens. Die Abklingzeit  $\tau$ , nach der das Signal auf  $1/e$ -tel

seines ursprünglichen Wertes abgeklungen ist, ist mit der Resonatorgüte über die Beziehung

$$Q = \pi f_r \tau$$

5

verknüpft. Für die Resonanzamplitude als Funktion der Zeit folgt

$$V(t) \sim Q \{1 - [f_r(H)/f_r(0)]^2\} \exp(-\pi f_r t / Q).$$

10

Figur 5 zeigt die Resonatorgüte  $Q$  der untersuchten Beispiele als Funktion des vormagnetisierenden Feldes. Während im Fall A, abgesehen von sehr kleinen Feldstärken, die Resonatorgüte  $Q$  sehr klein ist, zeigen die beiden anderen Beispiele wesentlich bessere Güten und erfüllen daher die zweite Anforderung der Anwendung wesentlich besser.

15

Dies äußert sich natürlich auch in der Resonanzamplitude, insbesondere nach Abschalten des äußeren erregenden Feldes.

20 So ergibt sich im Fall A ein vernünftiges, detektierbares Signal nur in einem sehr kleinen Bereich des vormagnetisierenden Feldes, während in den Fällen B und C sich über einen weiten Feldbereich eine hohe Signalamplitude ergibt.

25 Es wird deutlich, daß nur diejenigen Resonanzfrequenzen gut detektiert werden können, bei denen die Signalamplitude beziehungsweise die Resonatorgüte ausreichend hoch ist. So sind in Figur 7 nur diejenigen Resonanzfrequenzen eingezeichnet, bei denen dies der Fall ist. Als Auswahlkriterium wurde hierbei bei angesetzt, daß die Resonatorgüte  $Q \geq 100$  betragen beziehungsweise die Signalamplitude 2msec nach Ausschalten der Wechselfelderregung um nicht mehr als 50% unter ihren Maximalwert fallen sollte. Die beiden letztgenannten Anforderungen sind in etwa gleichbedeutend, außer bei sehr kleinen Vormagnetisierungsfeldstärken, wo aufgrund eines zu kleinen  $\Delta E$ -Effekts keine vernünftige magnetoelastische Kopplung mehr zustande kommen kann.

30

35

Eine weitere Anforderung ist, daß die genannte Frequenzänderung durch möglichst kleine Feldstärkenänderungen hervorgerufen werden. Entsprechend ist in Figur 8 die Frequenzänderung dargestellt, wenn man das vormagnetisierende Gleichfeld mit  
5 einem niederfrequenten Wechselfeld  $\Delta H$  moduliert. Bei den hier gewählten Bedingungen zeigt damit das Beispiel B die stärkste Änderung der Frequenz.

10 Durch die Spulen muß nicht das gesamte vormagnetisierende Feld aufgebracht werden, sondern lediglich das Modulationsfeld  $\Delta H$ . Der statische Grundanteil des vormagnetisierenden Feldes wird zweckmäßigerweise durch einen aufmagnetisierten hartmagnetischen Streifen aufgebracht, um ins Maximum der  
15 Frequenzänderung zu gelangen (Figur 8).

Die aufgezeigten vorteilhaften Resonatoreigenschaften werden hauptsächlich durch die Wahl von der Legierungszusammensetzung und der an der Legierung erfolgten Wärmebehandlung ein-  
20 gestellt. Maßgeblich für die angestrebten Eigenschaften ist selbstverständlich eine hohe Magnetostriktion  $\lambda_s \sim 20$  bis  $50 \times 10^{-6}$  und ein wohldefinierter Wert der Anisotropiefeldstärke  $H_K$ . Für die Wahl der Anisotropiefeldstärke hat sich ein Bereich von  $H_K \sim 200$  bis  $800$  A/m als vorteilhaft gezeigt.

25 Die in den Beispielen verwendeten Bandabmessungen, das heißt Streifenlängen von  $\sim 60$  mm, Bandbreiten von  $\sim 2$  mm, sind ebenfalls für die Verwendung von Anzeigeelementen in Warensicherungssystemen der eingangs genannten Art von Vorteil. Insbesondere, wenn man die Winkelorientierung der Streifen auswer-  
30 ten will, ist ein möglichst großes Verhältnis von Streifenlänge zu Bandbreite günstiger als ein kleines Verhältnis.

Die Legierungszusammensetzung, das heißt die genaue Zusammensetzung der in Frage kommenden amorphen ferromagnetischen Eisen-Basis-Legierungen sind eingehend im deutschen Gebrauchsmuster 94 12 456 und in der europäischen Patentanmeldung

EP 0 702 096 A1 beschrieben, deren Gegenstand hiermit ausdrücklich in die vorliegende Patentanmeldung eingebunden ist (incorporated by reference).

## Patentansprüche

1. Anzeigeelement für die Verwendung in einem magnetischen Warenüberwachungssystem, bestehend aus einem oder mehreren  
5 länglichen, duktilen, magnetostriktiven, aus amorphen ferromagnetischem Material bestehenden Streifen, welche durch Änderung eines Vormagnetisierungsfeldes  $H_{\text{Bias}}$  eine Resonanzfrequenzänderung  $df_r/dH_{\text{Bias}}$  erfahren, und welche durch ein magnetisches Wechselfeld zu longitudinalen, mechanischen Resonanzschwingungen bei der Resonanzfrequenz  $f_r$  anregbar sind, wobei  
10 die aus den Resonanzschwingungen resultierenden mechanischen Spannungen eine Magnetisierungsänderung der Streifen und damit eine detekierbare Veränderung des magnetischen Wechselfeldes bewirken,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
daß das Material eine flache B-H-Schleife aufweist, die bis in den Bereich der Sättigung möglichst linear verläuft, daß ein Streifen des Materials eine magnetische Anisotropie quer zur Streifenlängsrichtung aufweist, wobei die Anisotropiefeldstärke  $H_{\text{aniso}}$  größer als die Vormagnetisierungsfeldstärke  $H_{\text{Bias}}$  ist, und  
20 daß die Änderung der Resonanzfrequenz der Streifen gegenüber der Änderung der Vormagnetisierungsfeldstärke  $df_r/dH_{\text{Bias}} \geq 1500 \text{ Hz/Oe}$  ist und hierbei die Streifen in einem Feldbereich  $dH_{\text{Bias}} \geq 80 \text{ A/m}$  die Resonatorgüte  $Q \geq 100$  aufweisen.  
25
2. Anzeigeelement nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 daß das amorphe ferromagnetische Material eine Sättigungsmagnetostriktion  $20 \text{ ppm} \leq \lambda_s \leq 40 \text{ ppm}$  und eine Anisotropiefeldstärke  $200 \text{ A/m} \leq H_{\text{aniso}} \leq 800 \text{ A/m}$  aufweist.
3. Anzeigeelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
daß das amorphe ferromagnetische Material eine Zusammensetzung hat, welche aus der Formel



besteht, wobei M zumindest eines der Elemente der Gruppen  
III<sub>A</sub> bis V<sub>A</sub> und/oder III<sub>B</sub> bis V<sub>B</sub> ist, a bis f in Atom% angege-  
5 ben sind und folgenden Bedingungen genügen

$$20 \leq a \leq 74, 1 \leq b \leq 8, 1 \leq c \leq 50, 0 \leq d \leq 10 \leq 20, 0 \leq f \leq 5$$

mit den Maßgaben  $a+b+c < 88$  und  $12 \leq d+e+f \leq 21$ .

10

4. Verfahren zum Herstellen eines Anzeigeelements nach An-  
spruch 1 mit folgenden Schritten:

15 a) Es wird ein amorphes ferromagnetisches Band aus einer  
Schmelz gegossen;

b) Das Band wird in einem Magnetfeld quer zur Bandrichtung  
(Querfeld) einer Wärmebehandlung unterzogen;

20 c) Die Streifen werden abgelängt.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wärmebehandlung im Durchlauf erfolgt.

25

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Durchlaufgeschwindigkeit so gewählt wird, daß das  
Band für eine Wärmebehandlungszeit  $0,5 \text{ sec} \leq t \leq 30 \text{ sec}$  auf  
30 eine Temperatur  $300^\circ\text{C} \leq T \leq 440^\circ\text{C}$  erwärmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß während der Wärmebehandlung die B-H-Schleife gemessen  
35 wird und die Wärmebehandlungszeit und/oder die Durchlaufge-  
schwindigkeit und/oder die Temperatur nachgeregelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß vor dem Verfahrensschritt a) die Zusammensetzung des  
5 amorphen ferromagnetischen Materials in Abhängigkeit der zu  
fertigenden Breite der Streifen eingestellt wird.



1/4

FIG 1

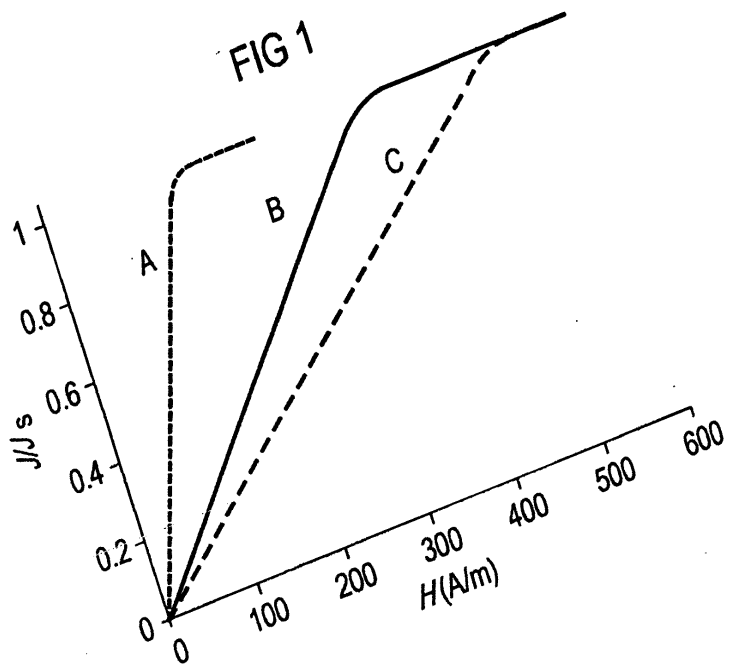
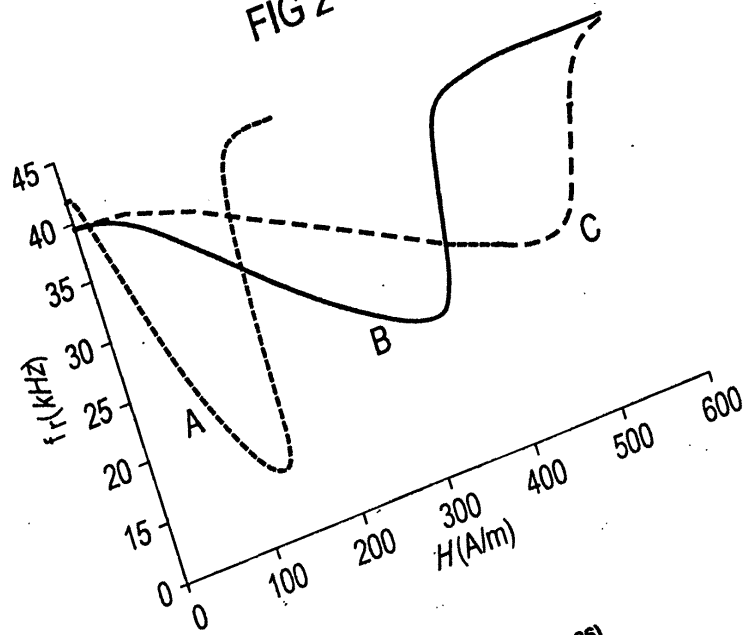


FIG 2



2/4

FIG 3

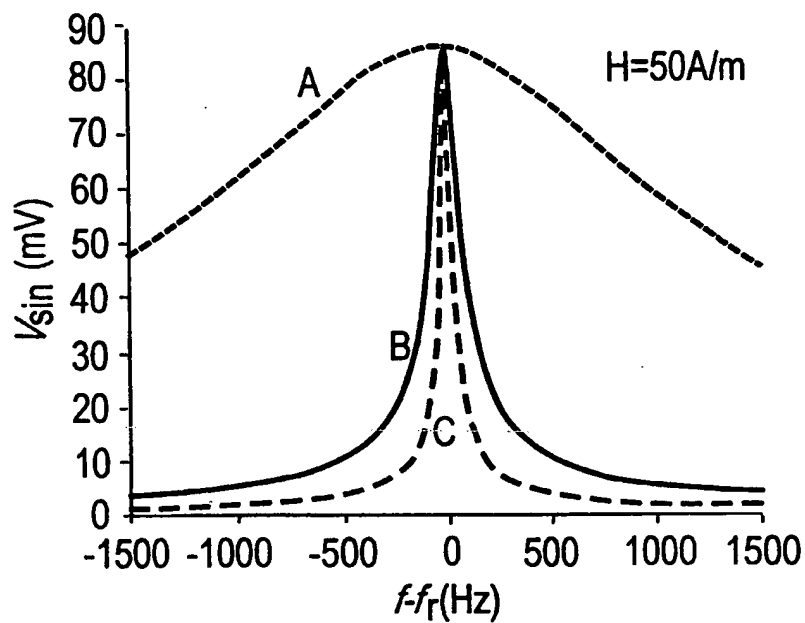
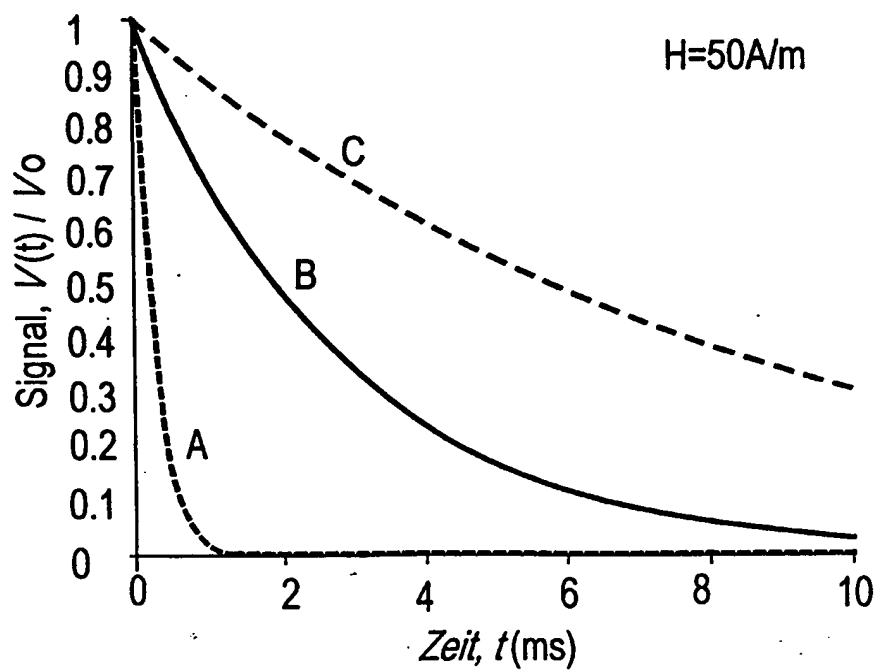


FIG 4



3/4

FIG 5

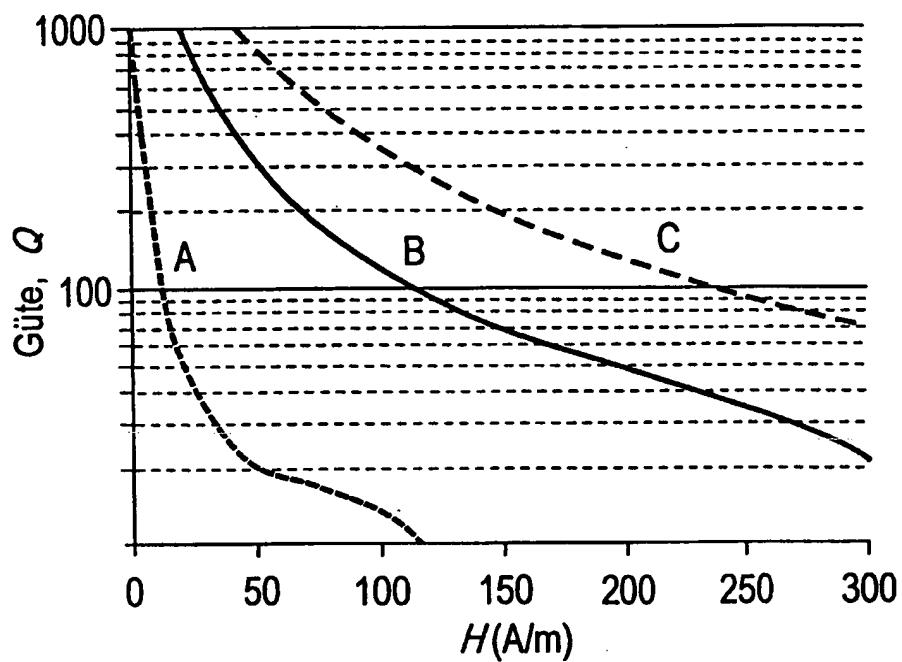
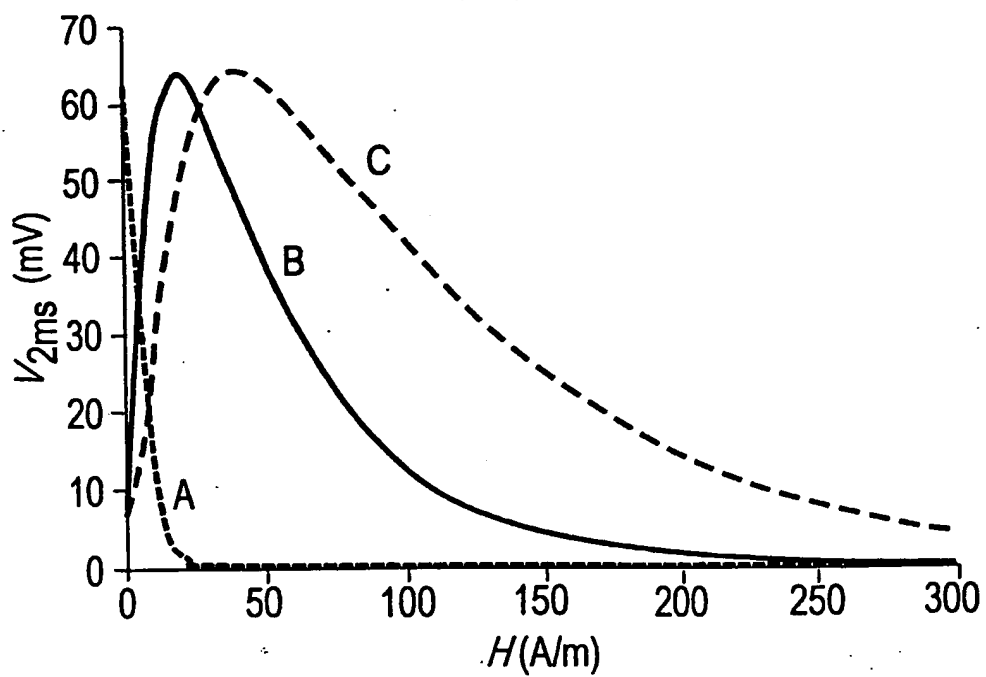


FIG 6



4/4

FIG 7

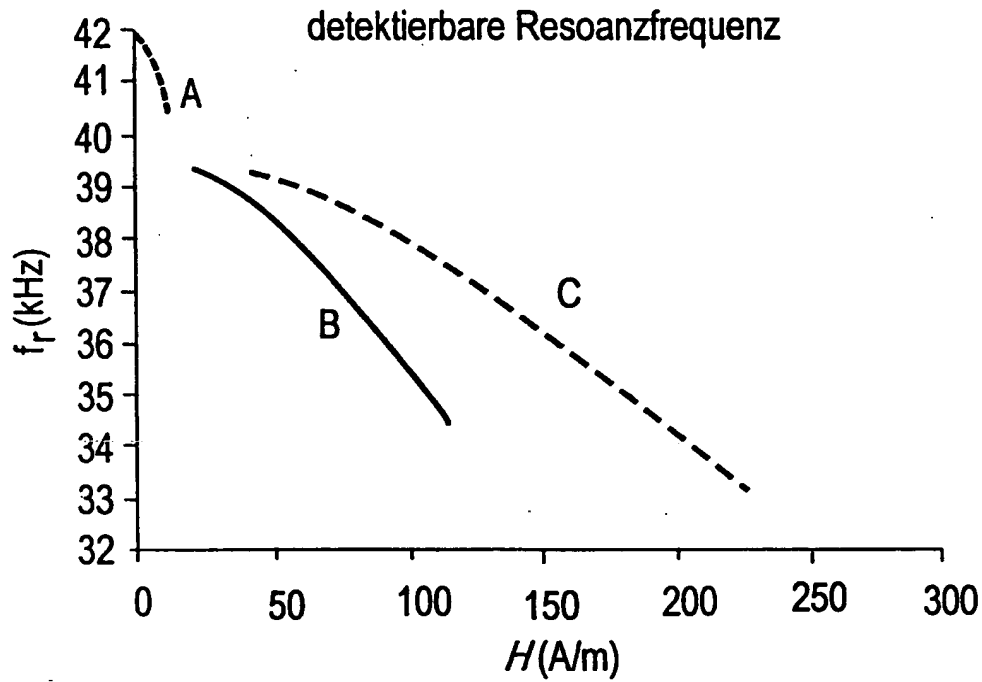


FIG 8

